


# METHOD FOR MANUFACTURING GRADIENT FUNCTION MATERIAL

**Publication number:** JP2002292611 (A)

**Also published as:**

**Publication date:** 2002-10-09

 JP3535470 (B2)

**Inventor(s):** KATOU NOBUHISA; YOKOYAMA HISANORI; KURACHI KAZUMASA; NOMURA TAKANORI

**Applicant(s):** GIFU PREFECTURE

**Classification:**

- international: **B05D1/02; B28B1/14; B28B13/02; C04B35/622; B05D1/02; B28B1/14; B28B13/00; C04B35/622; (IPC1-7): B28B1/14; B05D1/02; B28B13/02; C04B35/622**

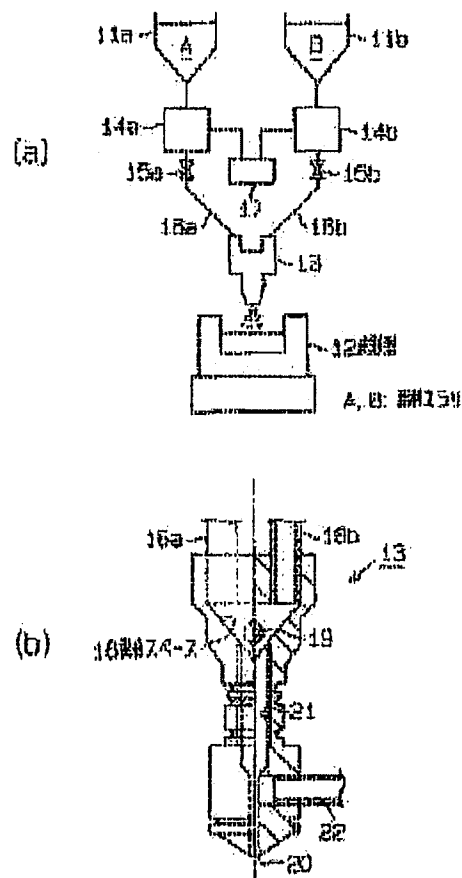
- European:

**Application number:** JP20010102166 20010330

**Priority number(s):** JP20010102166 20010330

## Abstract of JP 2002292611 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for manufacturing a gradient function material capable of obtaining the gradient function material changing in a composition or a structure in various type gradient patterns. **SOLUTION:** The method for manufacturing the gradient function material comprises the steps of supplying raw material slurries A, B to a mixing space 18 of a mixing/discharging unit 13 while changing respective supplying speeds, and mixing the slurries by shaking and agitating to a mixed slurry. The method further comprises the steps of spray discharging the mixed slurry from a discharge port 20 simultaneously upon mixing and laminating and filling the mixed slurry in a mold 12. A ratio of the slurry A to the slurry B when the slurries A, B are supplied to the mixing space 18 is also maintained in the mixed slurry.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-292611  
(P2002-292611A)

(43) 公開日 平成14年10月9日(2002.10.9)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
B 2 8 B	1/14	B 2 8 B 1/14	F 4 D 0 7 5
B 0 5 D	1/02	B 0 5 D 1/02	D 4 G 0 3 0
B 2 8 B	13/02	B 2 8 B 13/02	4 G 0 5 5
C 0 4 B	35/622	C 0 4 B 35/00	E
			D
審査請求 有 請求項の数4 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-102166(P2001-102166)

(22) 出願日 平成13年3月30日(2001.3.30)

(71) 出願人 391016842

岐阜県

岐阜県岐阜市藪田南2丁目1番1号

(72) 発明者 加藤 布久

岐阜県多治見市星ヶ台3丁目11番地 岐阜  
県セラミックス技術研究所 内

(72) 発明者 横山 久範

岐阜県多治見市星ヶ台3丁目11番地 岐阜  
県セラミックス技術研究所 内

(74) 代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣 (外1名)

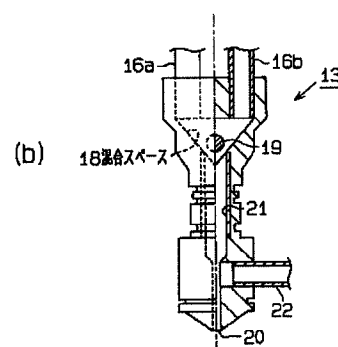
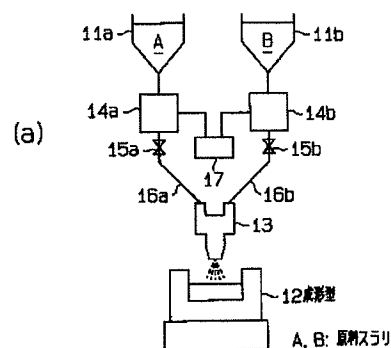
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 傾斜機能材料の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 種々の傾斜パターンで組成又は組織が変化する傾斜機能材料を得ることができる傾斜機能材料の製造方法を提供する。

【解決手段】 原料スラリーA、Bは、各々供給速度を変動させながら混合・吐出部13の混合スペース18に供給され、振盪混合及び攪拌混合にて混合されて混合スラリーとされる。混合スラリーは、混合と同時に吐出口20からスプレー吐出されて成形型12に積層充填される。混合スペース18に供給されるとき原料スラリーAと原料スラリーBの比率は、混合スラリーにおいても維持される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 連続的、段階的又は断続的に組成又は組織が変化する傾斜機能材料を製造する傾斜機能材料の製造方法であって、

二種以上の流動性を有する材料を、各々供給速度を変動させながら混合スペースに供給する工程と、前記混合スペースにて前記材料を混合して混合物を得る工程と、

前記混合物をスプレー吐出して成型型内に積層充填する工程とを備えるとともに、混合スペースに供給されるとき各材料の比率が、混合物においても維持されるようにしたことを特徴とする傾斜機能材料の製造方法。

【請求項2】 前記混合スペースにおける材料の混合が振盪混合にて行われることを特徴とする請求項1に記載の傾斜機能材料の製造方法。

【請求項3】 前記混合スペースにおける材料の混合が振盪混合及び攪拌混合にて行われることを特徴とする請求項1に記載の傾斜機能材料の製造方法。

【請求項4】 前記材料がスラリー状であって、該材料には分散粒子の沈降・分離を防止する安定剤が添加されていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の傾斜機能材料の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、連続的、段階的又は断続的に組成又は組織が変化する傾斜機能材料の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来の傾斜機能材料の製造方法としては、例えば組成を少しずつ変化させた薄板を順次積層して一体化する方法（第1の製造方法）が知られている。また、別の製造方法（第2の製造方法）としては、ある組成の原料スラリーの入った容器に、その原料スラリーとは異なる組成の原料スラリーを加えながら攪拌し、容器中のスラリーの組成を変化させながらこれを積層（充填）する方法が知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記第1の製造方法の場合は、段階的に組成が変化する傾斜機能材料を得ることはできるが、連続的又は断続的に組成が変化する傾斜機能材料を作製することは不可能である。

【0004】一方、上記第2の製造方法の場合は、連続的に組成が変化する傾斜機能材料を作製することはできるが、その組成変化を大きくするなど、傾斜パターンを種々変化させることは困難であり、組成変化の自由度が低いという欠点がある。

【0005】本発明は、上記のような従来技術に存在する問題点に着目してなされたものである。その目的とするところは、種々の傾斜パターンで組成又は組織が変化する傾斜機能材料を得ることができる傾斜機能材料の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、連続的、段階的又は断続的に組成又は組織が変化する傾斜機能材料を製造する傾斜機能材料の製造方法であって、二種以上の流動性を有する材料を各々所定の供給速度で混合スペースに供給する工程と、前記混合スペースにて前記材料を混合して混合物を得る工程と、前記混合物をスプレー吐出して成型型内に積層充填する工程とを備えるとともに、前記混合スペースに供給されるとき各材料の比率が、混合物においても維持されるようにしたことを要旨とする。

【0007】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の傾斜機能材料の製造方法において、前記混合スペースにおける材料の混合が振盪混合にて行われることを要旨とする。

【0008】請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の傾斜機能材料の製造方法において、前記混合スペースにおける材料の混合が振盪混合及び攪拌混合にて行われることを要旨とする。

【0009】請求項4に記載の発明は、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の傾斜機能材料の製造方法において、前記材料がスラリー状であって、該材料には分散粒子の沈降・分離を防止する安定剤が添加されていることを要旨とする。

## 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体化した実施形態について図面に基づき説明する。図1(a)は、本実施形態における傾斜機能材料の製造装置（以下、単に製造装置ともいう。）を示す概念図である。同図に示すように、この製造装置は、原料スラリーA、B（流動性を有する材料）を貯留する一対の貯留タンク11a、11bと、貯留タンク11a、11bから供給される原料スラリーA、Bを混合して混合スラリー（混合物）とすると同時にその混合スラリーをスプレー吐出して成型型12内に積層充填する混合・吐出部13とを備えている。

【0011】前記貯留タンク11a、11bと混合・吐出部13は、輸送ポンプ14a、14b及び開閉弁15a、15bを介して、接続管16a、16bによって接続されており、各貯留タンク11a、11bに貯留される原料スラリーA、Bは接続管16a、16bを介して混合・吐出部13に供給されるようになっている。

【0012】輸送ポンプ14a、14bには、各貯留タンク11a、11bから混合・吐出部13へと供給される原料スラリーA、Bの供給速度を制御するための制御部17が接続されている。本実施形態の場合、輸送ポンプ14a、14bには無脈動の一軸偏心ポンプが使用されており、制御部17は、各一軸偏心ポンプに搭載されたサーボモータの回転数を連動して制御することによって

各原料スラリーA、Bの供給速度を互いに連動させるように制御する。

【0013】図1(b)は、前記混合・吐出部13を拡大して示す半断面図である。同図に示すように、前記混合・吐出部13は、原料スラリーA、Bの混合の場となる混合スペース18を有し、各貯留タンク11a、11bから混合・吐出部13に供給される原料スラリーA、Bはまずこの混合スペース18に供給されて混合されるようになっている。

【0014】この混合・吐出部13には図示しない振動装置が取り付けられており、振動装置によって混合・吐出部13を振動させることにより、混合スペース18において原料スラリーA、Bが振盪混合されるようになっている。また、混合スペース18には混合用ボール19が収容されているので、振盪混合に加えて混合用ボール19による攪拌混合も同時に行われることになる。

【0015】混合スペース18は、混合・吐出部13の下端に設けられた吐出口20に対し連通路21を介して連通しており、混合スペース18で原料スラリーA、Bを混合して得られる混合スラリーは、連通路21を経由して吐出口20から吐出されるようになっている。連通路21の中間部には、図示しないコンプレッサから延びるエア供給管22が接続されているため、前記吐出口20からの混合スラリーの吐出は、コンプレッサからエア供給管22を介して供給される圧縮空気によってスプレー吐出されるようになっている。

【0016】尚、前記の混合スペース18の容積（混合用ボール19の体積を除いた容積）はできる限り狭小であることが好ましいが、混合スラリーの混合スペース18から連通路21に至る移動速度、すなわち混合スペース18における混合処理の速度が、各原料スラリーA、Bの供給速度の和と略同一となるような容積であることが必須である。そうすることによって、両接続管16a、16bから混合スペース18へと供給されるとき原料スラリーAと原料スラリーBの比率を、成型型12にスプレー吐出される混合スラリーにおいても維持させることができる。

【0017】次に、上記の製造装置を使用した傾斜機能材料の製造方法について説明する。上記の製造装置を使用して傾斜機能材料を製造する場合には、まず貯留タンク11a、11bにそれぞれ原料スラリーA、Bを投入する。この原料スラリーA、Bの具体例としては、セラミックス・ガラス・金属等の無機材料、あるいは合成樹脂等の有機材料を、分散媒（水、有機溶剤）でスラリー化したものが挙げられる。この原料スラリーには、分散剤、安定剤、バインダなどが必要に応じて添加される。分散粒子の沈降・分離を防止する前記安定剤の具体例としては、アルコール系あるいはグリコール系の有機溶剤、ポリビニルアルコール、結晶セルロースなどが挙げられるが、その中でも特に結晶セルロースが好ましい。

【0018】続いて、原料スラリーA、Bの混合・吐出部13への供給を開始し、混合・吐出部13の混合スペース18で両スラリーA、Bを混合して混合スラリーとすると同時にスプレー吐出させて成型型12内に積層充填させる。

【0019】このときの原料スラリーA、Bの供給速度は、図2(a)に示すように、原料スラリーAの供給速度を時間の経過とともに直線的に増大させると同時に、原料スラリーBの供給速度を直線的に減少させるようにする。こうすれば、図2(b)に示すように、一方の面から他方の面に向かうにつれて原料スラリーAに含まれる成分aの濃度が直線的に増大するとともに、原料スラリーBに含まれる成分bの濃度が直線的に減少するような、厚み方向で組成が変化する成形体（傾斜機能材料）を得られる。

【0020】本実施形態によって得られる効果について、以下に記載する。

・ 本実施形態によれば、混合スペース18の容積は、混合スラリーの混合スペース18から連通路21に至る移動速度、すなわち混合スペース18における混合処理の速度が、各原料スラリーの供給速度の和と略同一となるような容積とされる。このため、両接続管16a、16bから混合スペース18へと供給されるとき原料スラリーAと原料スラリーBの比率を、成型型12にスプレー吐出される混合スラリーにおいても維持させることができる。従って、各原料スラリーの供給速度を制御部17で種々に制御することによって、種々の傾斜パターンで組成が変化する傾斜機能材料を得ることができる。

【0021】・ 本実施形態の製造方法によって得られる連続的に組成が変化する傾斜機能材料は、内部に異相界面がない。従って、収縮率や熱膨張係数の相違に基づいて生じる歪みを緩和することができるので、その歪みに起因する剥離やひび割れを抑制することができる。

【0022】・ 混合スペース18における原料スラリーA、Bの混合が振盪混合及び攪拌混合にて行われるので、狭小な混合スペース18であっても確実に両者を混合させることができる。

【0023】・ 原料スラリーA、Bに安定剤を添加することにより、分散粒子の沈降・分離を防止することができる。また、安定剤として結晶セルロースを添加した場合には、分散粒子の沈降・分離を防止すると同時に、原料スラリーA、Bにチキソトロピックな性質を付与することができ、各原料スラリーA、Bを輸送する接続管16a、16bにおいて空気を咬むのを防止することができる。

【0024】尚、前記実施形態を次のように変更して構成することもできる。

・ 前記実施形態においては原料スラリーA、Bの供給速度について、一方は増大するのみ他方は減少するのみで変動の方向が不変であったが、各スラリーA、Bの供給速度

の変動の方向を途中で逆転させてもよい。

【0025】例えば図3(a)に示すように、スラリーA、Bの供給速度について、最初一方(原料スラリーA)を直線的に増大させるとともに他方(原料スラリーB)を直線的に減少させ、その後一方(原料スラリーA)を直線的に減少させるとともに他方(原料スラリーB)を直線的に増大させるように変動させてもよい。このようにすれば、同じく図3(a)に示すように、各スラリーA、Bに含まれる成分a、bが、厚み方向の一方の面から他方の面に向かうにつれて、最初一方(成分a)が直線的に増大するとともに他方(成分b)が直線的に減少し、その後一方(成分a)が直線的に減少するとともに他方(成分b)が直線的に増大するような傾斜機能材料を得ることができる。

【0026】あるいは図3(b)に示すように、図3(a)に示す供給速度の変動の様相が連続して二度繰り返されるように各スラリーA、Bの供給速度を変動させてもよい。このようにすれば、同じく図3(b)に示すように、図3(a)に示す成分a、bの濃度の変化の様相が連続して二度繰り返されるような傾斜機能材料を得ることができる。

【0027】前記実施形態においては、各スラリーA、Bの供給速度を常に変動させたが、供給速度が一定のまま維持される期間があってもよい。例えば図4(a)に示すように、スラリーA、Bの供給速度について、最初両者とも一定で、その後一方(原料スラリーA)を直線的に増大させるとともに他方(原料スラリーB)を直線的に減少させ、最後再び両者とも一定となるように変動させてもよい。このようにすれば、同じく図4(a)に示すように、各スラリーA、Bに含まれる成分a、bが、厚み方向の一方の面から他方の面に向かうにつれて、最初両者とも一定で、その後一方(成分a)が直線的に増大するとともに他方(成分b)が直線的に減少し、最後再び両者とも一定となるような断続的に組成が変化する傾斜機能材料を得ることができる。

【0028】あるいは、図4(b)に示すように、最初一方(原料スラリーA)を直線的に増大させるとともに他方(原料スラリーB)を直線的に減少させ、その後両者とも一定とした後、最後再び一方(原料スラリーA)を直線的に増大させるとともに他方(原料スラリーB)を直線的に減少させるように変動させてもよい。このようにすれば、同じく図4(b)に示すように、各スラリーA、Bに含まれる成分a、bが、厚み方向の一方の面から他方の面に向かうにつれて、最初一方(成分a)が直線的に増大するとともに他方(成分b)が直線的に減少し、その後両者とも一定で、最後再び一方(成分a)が直線的に増大するとともに他方(成分b)が直線的に減少するような断続的に組成が変化する傾斜機能材料を得ることができる。

【0029】前記実施形態においては各スラリーA、

Bの供給速度を連続的に変動させたが、段階的に変動させるようにしてもよい。例えば図5に示すように、原料スラリーA、Bの供給速度について、一方(原料スラリーA)を階段状に増大させ、他方(原料スラリーB)を階段状に減少させるように変動させてもよい。このようにすれば、同じく図5に示すように、各スラリーA、Bに含まれる成分a、bが、厚み方向の一方の面から他方の面に向かうにつれて、一方(成分a)が階段状に増大するとともに他方(成分b)が階段状に減少するような段階的に組成が変化する傾斜機能材料を得ることができる。

【0030】前記実施形態においては各スラリーA、Bの供給速度の変動の大きさを常に一定としたが、その変動の大きさを途中で変化させてもよい。例えば図示しないが、原料スラリーA、Bの供給速度について、一方を曲線的に増大させ、他方を曲線的に減少させるように変動させてもよい。このようにすれば、各スラリーA、Bに含まれる成分a、bが、厚み方向の一方の面から他方の面に向かうにつれて、一方が曲線的に増大するとともに他方が曲線的に減少するような傾斜機能材料を得ることができる。

【0031】接続管を介して混合・吐出部13に接続される貯留タンクの数前記実施形態の二つから三つ以上に変更してもよい。三つの貯留タンクを備えた製造装置の場合、各貯留タンクに貯留される三種の原料スラリーA～Cの供給速度については、例えば図6に示すように変動させることができる。すなわち、スラリーAを直線的に増大させるとともにスラリーBを直線的に減少させ、その後スラリーBの供給を停止してそれに代わってスラリーCの供給を開始し、そのスラリーCの供給速度を直線的に増大させるとともにスラリーAを減少させる。このようにすれば、同じく図6に示すように、各原料スラリーA～Cに含まれる成分a～cが、厚み方向の一方の面から他方の面に向かうにつれて、最初成分aが直線的に増大するとともに成分bが直線的に減少し、その後成分bに代わって成分cが直線的に増大するとともに成分a直線的に減少するような傾斜機能材料を得ることができる。

【0032】前記実施形態及び上記各別例では、傾斜機能材料として連続的、段階的又は断続的に組成を変化させたものを例示したが、連続的、段階的又は断続的に組織を変化させたものであってもよい。

【0033】連続的、段階的又は断続的に組織が変化する傾斜機能材料を得る方法の一つとしては、原料スラリーA、Bのうち少なくともいずれか一方に気孔付与材を添加し、前記実施形態と同様に操作して気孔付与材の分布が厚み方向で異なる成形体を得た後、その成形体を焼成して気孔付与材を焼失させる方法がある。こうすれば、連続的、段階的又は断続的に密度が変化する傾斜機能材料を得ることができる。このときの気孔付与材の具体例としては、焼成によって消失するアクリル樹脂などの合成樹脂、デンブ、セルロース等の有機化合物、炭素、

無機バルーンなどが挙げられる。

【0034】また、連続的、断続的又は段階的に密度が変化する傾斜機能材料を得る別の方法としては、原料スラリA、Bのうち少なくともいずれか一方に焼結助剤を添加し、前記実施形態と同様に操作して焼結助剤の分布が厚み方向で異なる成形体を得た後、その成形体を焼成する方法がある。焼結助剤の濃度によって焼成後の緻密さの程度が相違してくるので、焼結助剤の分布を厚み方向で異ならしめることで、厚み方向で密度の異なる傾斜機能材料を得ることができる。このときの焼結助剤の具体例としては、酸化アルミニウム、酸化イットリウムなどが挙げられる。

【0035】・原料スラリA、Bとして導電性材料及び絶縁性材料をスラリ化したものを用い、導電性材料及び絶縁性材料の分布を厚み方向で異ならしめることで連続的、段階的又は断続的に電気抵抗が変化するような傾斜機能材料を作製するようにしてもよい。このときの導電性材料の具体例としては、チタン・ジルコニウム・ハフニウム・バナジウム・タンタル及びニオブの炭化物・窒化物及びホウ化物、窒化クロム・炭化クロム・炭化タングステン、タングステン・コバルト・モリブデン・ニッケル・マンガン・鉄・チタン・クロム・銅・亜鉛・スズ・アルミニウム等の金属単体及びその一部酸化物、炭素、黒鉛等が挙げられる。また絶縁性材料の具体例としては、窒化ケイ素・窒化アルミニウム・窒化ホウ素・炭化ケイ素等の非酸化物系セラミックス、酸化アルミニウム・酸化ジルコニウム・ムライト・ジルコン等の酸化物

系セラミックス、ガラス、熱可塑性樹脂、ゴム等が挙げられる。

【0036】・前記実施形態では、貯留タンク11a、11bに投入される流動性を有する材料としてスラリ状の材料（原料スラリA、B）を用いたが、それに限定されない。例えば粉体、液状の樹脂材料又は溶液を、流動性を有する材料として用いてもよいが、その場合には材料の積層充填後に硬化又は固化させる操作が必要である。

【0037】

【実施例】次に、実施例及び比較例を挙げて前記実施形態をさらに具体的に説明する。

（実施例1）前記実施形態の製造装置を使用して、貯留タンク11a、11bに下記の表1に示すような組成に調製された原料スラリA、Bをそれぞれ投入し、両スラリA、Bの混合・吐出部13への供給を12分間行つて、成型型12内に成形体を得た。このとき、原料スラリAについては、初期供給速度を12cc/分として1cc/分の傾斜で徐々に供給速度を減少させるようにし、原料スラリBについては、初期供給速度を0cc/分として1cc/分の傾斜で徐々に供給速度を増大させるようにした。尚、混合スペース18に供給される2種類の原料スラリA、Bの合計の供給速度は常に12cc/分である。

【0038】

【表1】

	原料スラリA	原料スラリB
窒化ケイ素	92.5cc	55.5cc
窒化チタン	—	37.0cc
酸化イットリウム	3.5cc	3.5cc
酸化アルミニウム	4.0cc	4.0cc
分散剤	1.0cc	1.0cc
イオン交換水	399.0cc	399.0cc
沈降防止剤	7.5g	7.5g

ここで本実施例では、接続管16a、16bには内径4mmのフッ素樹脂製のチューブ、吐出口20の径は1.2mm、スプレー圧は0.1MPa、混合スペース18の容積は0.8cc（直径5mmのジルコニアボールの体積を除く）とした。

【0039】得られた成形体は雰囲気焼成法により焼成して焼成体とした。具体的には、0.7MPaの窒素雰囲気下、1750℃で3時間にわたって成形体を焼成して焼成体とした。

【0040】得られた焼成体にはやや湾曲が見られたものの、ひび割れは認められなかった。この焼成体について、積層方向に5等分し、各サンプル中に含まれるケイ素及びチタンをX線マイクロアナライザ（株式会社堀場製作所製）を使用して分析した。図7は、その分析結果を示すグラフである。同図に示すように、チタンのピークの高さは（a）から（e）に向かうほど小さくなる。

従つて、積層方向（厚さ方向）に沿って徐々にチタンの含有量（濃度）は減少しており、積層方向に組成が変化していることが示された。

【0041】（実施例2）実施例1において、雰囲気焼成法でなくホットプレス焼成法により成形体の焼成を行うように変更した。具体的には、9.8MPaのプレス圧を加えながら（プレス開始温度1100℃）0.7MPaの窒素雰囲気下、1600℃で2時間にわたって成形体を焼成するように変更した。それ以外は実施例1と同様に操作して、焼成体を得た。

【0042】得られた焼成体には、湾曲、ひび割れとも認められなかった。この焼成体について、日本電子株式会社製の電子プローブマイクロアナライザ（EPMA）にて分析した。そうしたところ、積層方向に沿って切断した断面（積層方向切断面）において、ケイ素は一方から他方に向かうにつれて徐々に濃度が増大し、チタンは

その逆に他方から一方に向かうにつれて徐々に濃度が増大するような濃度分布を示すことがわかった。(図8 (a) 及び (b) 参照)

また、得られた焼成体の電気抵抗についてテスターを使って測定したところ、積層方向切断面において一方の端面側から他方の端面側に向かうにつれて電気抵抗が0～1000Ωの範囲で連続的に変化することが示された。

【0043】

【発明の効果】本発明は、以上のように構成されているため、次のような効果を奏する。請求項1に記載の発明によれば、種々の傾斜パターンで組成又は組織が変化する傾斜機能材料を得ることができる。

【0044】請求項2に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明の効果に加え、狭小な混合スペースであっても確実に材料を混合させることができる。請求項3に記載の発明によれば、請求項2に記載の発明の効果により向上させることができる。

【0045】請求項4に記載の発明によれば、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、材料中の分散粒子の沈降・分離を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a) は本実施形態の傾斜機能材料の製造装

置を示す概念図、(b) は同製造装置の混合・吐出部を拡大して示す半断面図。

【図2】 (a) は原料スラリの供給速度と時間との関係を示すグラフ、(b) は傾斜機能材料における各原料スラリに含まれる成分の濃度と、厚み方向における位置との関係を示すグラフ。

【図3】 (a) 及び (b) は原料スラリの供給速度と時間との関係を示すグラフ。

【図4】 (a) 及び (b) は原料スラリの供給速度と時間との関係を示すグラフ。

【図5】 (a) 及び (b) は原料スラリの供給速度と時間との関係を示すグラフ。

【図6】 (a) 及び (b) は原料スラリの供給速度と時間との関係を示すグラフ。

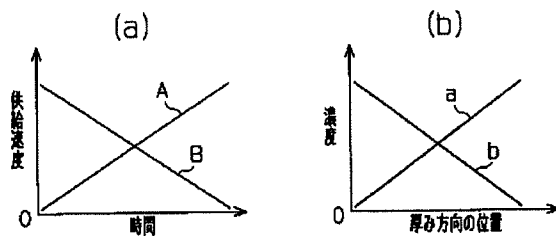
【図7】 (a)～(e) は、X線マイクロアナライザを使用して実施例1の傾斜機能材料を分析した結果を示すグラフ。

【図8】 (a) は実施例2の傾斜機能材料の積層方向切断面におけるケイ素の濃度分布を示すマッピング像、(b) は同じくチタンの濃度分布を示すマッピング像。

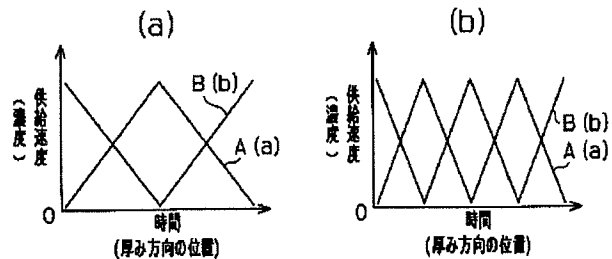
【符号の説明】

A, B…流動性を有する材料としての原料スラリ、12…成型型、18…混合スペース。

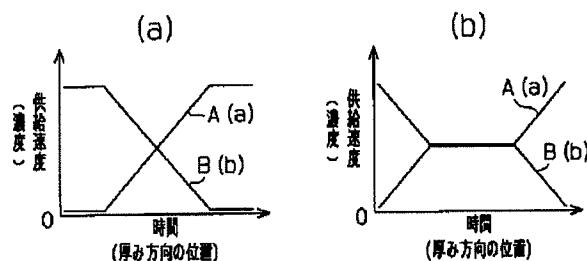
【図2】



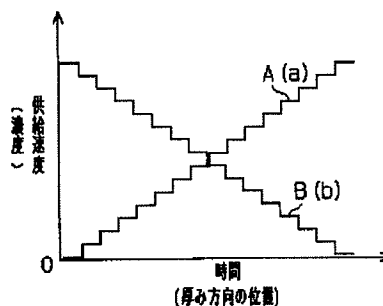
【図3】



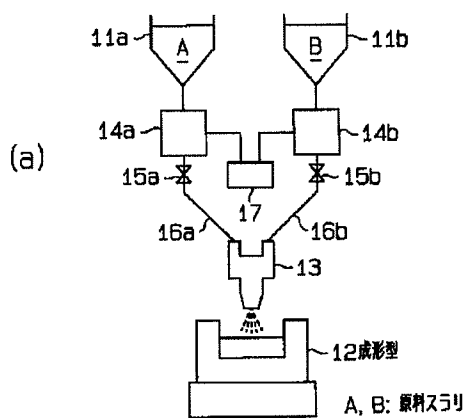
【図4】



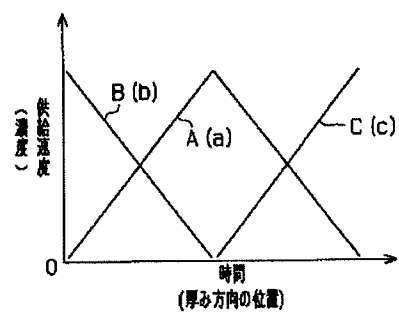
【図5】



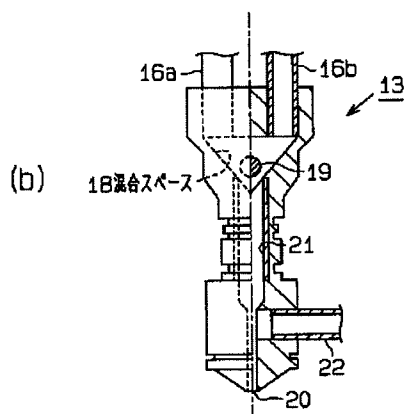
【図1】



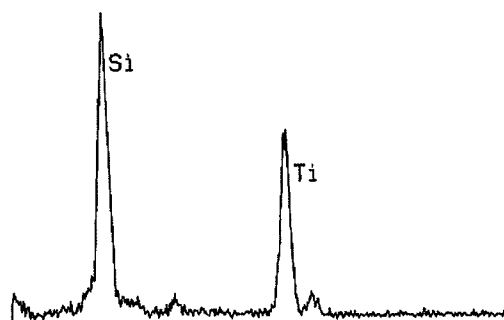
【図6】



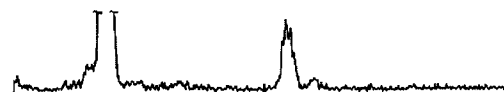
【図7】



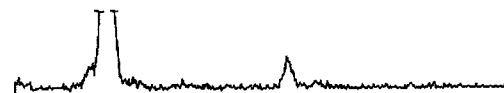
(a)



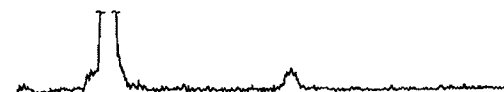
(b)



(c)



(d)



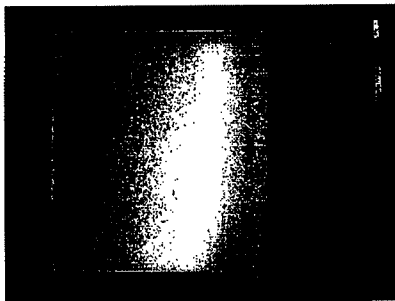
(e)



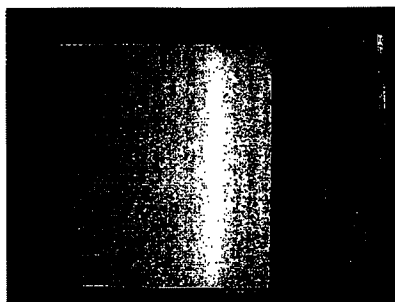


【図8】

(a)



(b)



---

フロントページの続き

(72)発明者 倉知 一正  
岐阜県多治見市星ヶ台3丁目11番地 岐阜  
県セラミックス技術研究所 内  
(72)発明者 野村 貴徳  
岐阜県美濃市前野777 岐阜県製品技術研  
究所 美濃分室 内

Fターム(参考) 4D075 AA04 CA47 DA29 DC50 EA08  
EA31 EB56 EB60  
4G030 AA12 AA36 AA49 AA52 CA03  
GA04 GA16 GA18  
4G055 AA07 AC01 AC09 CA09 CA22